

**TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN *HEAT EXCHANGER*  
*CROSS FLOW MIXED, FINNED TUBE FOUR PASS*, UNTUK  
MENGERINGKAN EMPON-EMPON DENGAN VARIASI  
*MASS FLOW RATE***



Disusun Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Program Studi Strata 1  
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh:

**YUSUF WIJANARKO**

**D200130203**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2017**

## LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah  
Surakarta

Nomor.....Tanggal .....

Dengan ini :

Nama : Ir. Sartono Putro, MT.  
Pangkat/Jabatan :  
Kedudukan : Pembimbing Utama

Memberikan Soal Tugas Akhir kepada Mahasiswa :

Nama : Yusuf Wijanarko  
Nomor Induk : D200130 203  
NIRM : -  
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir  
Judul/Topik : Rancang Bangun Dan Pengujian *Heat Exchanger*  
*Cross Flow Mixed, Finned Tube Four Pass*, Untuk  
Meringankan Empon-Empon Dengan Variasi *Mass*  
*Flow Rate*

Rincian Soal/Tugas :

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan  
sebagaimana mestinya.

Surakarta, 2 Januari 2017

Pembimbing



Ir. Sartono Putro, MT.

Keterangan :

\*) coret salah satu

1. Wamabiru untuk Kepala Jurusan

2. Wamakuning untuk Pembimbing Utama

4. Wamaputih untuk mahasiswa

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

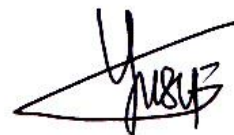
Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yusuf Wijanarko  
NIM : D200 130 203  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin  
Judul : Rancang Bangun Dan Pengujian *Heat Exchanger Cross Flow Mixed, Finned Tube Four Pass*, Untuk Meringankan Empon-Empon Dengan Variasi *Mass Flow Rate*

Menyatakan bahwa Skripsi atau Tugas Akhir merupakan karya tulis yang penulis buat sendiri,kecuali beberapa sumber kutipan-kutipan dan ringkasan dari beberapa sumber yang berbeda yang telah penulis cantumkan dalam karya tulis ini.Apabila dikemudian hari dapat dibuktikan bahwa karya tulis ini merupakan hasil jiplakan,maka penulis bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang telah dibuat.

Surakarta, Oktober 2017

Penulis



Yusuf Wijanarko

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul **“Rancang Bangun Dan Pengujian *Heat Exchanger Cross Flow Mixed, Finned Tube Four Pass*, Untuk Mengeringkan Empon-empon Dengan Variasi *Mass Flow Rate*”** telah disetujui oleh Pembimbing tugas akhir untuk dipertahankan didepan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh

Nama : YUSUF WIJANARKO

NIM : D200130203

Disetujui pada

Hari : Senin

Tanggal : 2 Januari 2017

Pembimbing Utama



Ir. Sartono Putro ,MT

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "**Rancang Bangun Dan Pengujian *Heat Exchanger Cross Flow Mixed, Finned Tube Four Pass*, Untuk Mengeringkan Empon-empon Dengan Variasi *Mass Flow Rate***" telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh:

Nama : Yusuf Wijanarko  
NIM : D200130203

Disahkan pada

Hari : Senin  
Tanggal : 2 oktober 2017

Dewan Penguji :

Ketua : Ir. Sartono Putro, MT.

Anggota 1 : Ir.H. Subroto, MT.

Anggota 2 : Ir. Tri Tjahjono, MT.



Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D.

Ketua Jurusan,



Ir. Subroto, MT.



## **MOTTO**

**“Apa saja nikmat yang kamu peroleh adalah dari Allah, dan apa saja bencana yang menimpamu, maka dari (kesalahan) dirimu sendiri.”**

**(QS.04:79)**

**Anda Tidak Akan bisa lari dari tanggung jawab pada hari esok  
dengan menghindarinya pada hari ini.**

**(Abraham Lyncolin)**

**“Hidup itu tidak boleh sederhana, hidup itu harus  
hebat, kuat, luas, besar dan bermanfaat. Yang sederhana itu sikapnya”**

**(Mario Teguh)**

**Dalam Kondisi Apapun, Jangan Pernah Menyerah Dalam Setiap  
Masalah.**

**(Penulis)**

**Tidak ada kata takut untuk bermimpi tinggi, Tidak ada kata takut  
untuk mencoba dan berusaha meraih mimpi tertinggi, terus berdoa  
dan tawakal.**

**(Penulis)**

## **PERSEMBAHAN**

Penulis persembahkan Tugas Akhir ini kepada:

- Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW
- Orang Tua beserta Keluarga yang selalu memberikan doa ,semangat,motivasi dan dorongan demi terselesainya Tugas Akhir ini.
- Seseorang yang istimewa dan teman dekat (Arif, Bayu,Wahyu,Yusuf,Rifki dll) yang selalu menjadi penyemangat dan pemberi dukungan.
- Seluruh rekan-rekan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum wr.wb*

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu dan tanpa halangan berarti yakni dengan judul “Rancang Bangun Dan Pengujian *Heat Exchanger Cross Flow Mixed, Finned Tube Four Pass*, Untuk Mengeringkan Empon-empon Dengan Variasi *Mass Flow Rate*”.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menempuh Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir penulis sadar bahwa banyak hambatan dan kesulitan yang dialami. Bantuan semangat dan dorongan serta bantuan baik materil maupun non materil tidak lepas dari jasa berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah S.W.T yang senantiasa melimpahkan rahmat, nikmat, karunia dan kasih sayang-Nya.
2. Orang Tua atas segala perhatian, doa, dan dukungan baik moral maupun materil yang telah diberikan.
3. Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT,Ph.D, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Subroto, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Ir. Sartono Putro, MT.selaku pembimbing utama yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Ir. Subroto, MT.selaku Dosen penguji Tugas Akhir.
7. Bapak Ir.Tri Tjahjono,MT.selaku Dosen penguji Tugas Akhir.



8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah begitu banyak memberikan pengetahuan yang tiada ternilai,
9. Seluruh staf dan karyawan yang telah memberikan pelayanan dan fasilitas dalam terwujudnya Tugas Akhir ini.
10. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah berjasa besar dalam proses penelitian dan penulisan Tugas Akhir.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna yang disebabkan keterbatasan penulis. Dengan lapang hati penulis menerima masukan demi perkembangan dan kemajuan pengetahuan di masa mendatang sekaligus demi sempurnanya Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

*Wassalamualaikum, Wr, Wb,*

Surakarta, Oktober 2017

Penulis

**“Rancang Bangun Dan Pengujian *Heat Exchanger Cross Flow Mixed, Finned Tube Four Pass*, Untuk Mengeringkan Empon-empon Dengan Variasi *Mass Flow Rate*”.**

**ABSTRAK**

Alat penukar panas atau *Heat Exchanger* (HE) adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh *mass flow rate* pada *heat exchanger cross flow mixed, tube non finned four pass* terhadap perubahan temperatur, perubahan kalor, koefisien perpindahan panas fluida dingin, perpindahan kalor total, terhadap efisiensi heat exchanger, serta terhadap perubahan massa temulawak, dengan variasi *mass flow rate* 0,023kg/s, 0,027kg/s, 0,030kg/s, dan 0,033kg/s.

Cara kerja dari *Heat Exchanger* ini adalah dengan memanfaatkan aliran fluida dingin yang keluar dari *blower sentrifugal*, kemudian masuk ke dalam *Heat Exchanger*, di dalam *Heat Exchanger* fluida dingin tersebut akan menerima kalor dari fluida panas yang mengalir disela *shell Heat Exchanger*, dimana fluida panas tersebut bersumber dari kompor yang berada dibawah *Heat Exchanger*, setelah itu fluida dingin yang telah menerima kalor tersebut keluar dari *Heat Exchanger* dan menuju alat pengering empon-empon.

Hasil pengeringan optimal didapatkan pada fluida dingin dengan *mass flow rate* 0.027kg/s. jika dilihat dari diagram pengaruh *mass flow rate* terhadap kalor yang diterima fluida dingin, dan diagram pengaruh *mass flow rate* terhadap perubahan massa temulawak maka dapat disimpulkan bahwa perubahan temperature udara dingin ( $\Delta T_c$ ) dan *mass flow rate* udara dingin adalah factor utama dalam proses pengeringan dengan menggunakan *Heat Exchanger*.

Kata kunci : ***Heat Exchanger, Mass flow rate, Kalor, Fluida, Cross Flow, Tube Non Finned***

## **ABSTRACT**

*Heat Exchanger is devices used to transfer heat from the system to other systems without mass transfer and may serve as heaters or as coolants. The purpose of this research is to know the effect of mass flow rate on heat exchanger cross flow mixed, non finned four pass tube to temperature change, heat change, cold fluid heat transfer coefficient, total heat transfer to heat exchanger efficiency, and to change of temulawak mass, With variation of mass flow rate 0,023kg / s, 0,027kg / s, 0,03kg / s, and 0,033kg / s.*

*The operation of this Heat Exchanger is to utilize the cold fluid flow out of the centrifugal blower, then into the Heat Exchanger, inside the Heat Exchanger the cold fluid will receive the heat from the hot fluid flowing through the Heat Exchanger shell, where the hot fluid is sourced from the stove Which is under the Heat Exchanger, after which the cold fluid that has received the heat out of the Heat Exchanger and into the engine medicinal dryer.*

*Optimum drying results are obtained on cold fluids with a mass flow rate of 0.027kg / s. If seen from the diagram of the influence of mass flow rate on the heat received cold fluid, and the diagram of the influence of mass flow rate to the changes of temulawak mass it can be concluded that the change of cold air temperature ( $\Delta T_c$ ) and cold air flow rate is the main factor in drying process with Using Heat Exchanger.*

**Keyword :Heat Exchanger, Mass Flow Rate, Heat, Fluid, Cross Flow, Tube Non Finned**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAKSI.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR RUMUS.....	xvii
DAFTAR SIMBOL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Dasar Teori.....	7

2.2.1	Teori Keseimbangan Kalor .....	8
2.2.2	Perpindahan Kalor.....	9
2.2.3	Perpindahan Kalor Gabungan Antara Konveksi dan Konduksi .....	16
2.2.4	Metode Analisa Efektifitas Perpindahan Kalor .....	19
2.2.5	Jenis-Jenis <i>Heat Exchanger</i> .....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>31</b>
3.1	Bahan Penelitian.....	31
3.2	Alat-alat Penelitian .....	32
3.3	Diagram Alir Penelitian .....	38
3.4	Study Literatur .....	39
3.5	Tempat Penelitian .....	39
3.6	Prosedur Penelitian .....	39
<b>BAB IV ANALISA PEMBAHASAN .....</b>		<b>41</b>
4.1	Data Dimensi Alat Penukar Kalor .....	41
4.2	Data Hasil Pengujian .....	41
4.3	Analisa Pehitungan.....	42
4.4	Pembahasan.....	50
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>		<b>56</b>
5.1	Kesimpulan .....	56
5.2	Saran .....	59

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Konsep Kesenjangan Kalor.....	9
Gambar 2.2 Perpindahan Kalor Konduksi.....	10
Gambar 2.3 Perpindahan Kalor Konduksi Pada Dinding Datar .....	11
Gambar 2.4 Perpindahan Kalor Konduksi Pada Dinding Pipa .....	12
Gambar 2.5 Perpindahan Kalor Konveksi.....	14
Gambar 2.6 Perpindahan Kalor Konveksi Pada Dinding Datar.....	14
Gambar 2.7 Perpindahan Kalor Secara Radiasi .....	15
Gambar 2.8 Skema Perpindahan Kalor Gabungan.....	16
Gambar 2.9 Perpindahan Kalor Gabungan.....	17
Gambar 2.10 Variasi perbedaan temperatur pada heat exchanger .....	19
Gambar 2.11 Diagram faktor koreksi (F) untuk <i>heat exchanger single pass cross flow fluid mixed</i> .....	21
Gambar 2.12 Diagram keefektifan <i>heat exchanger single pass cross flow fluid mixed</i> .....	23
Gambar 2.13 Aliran <i>double pipe heat exchanger</i> .....	24
Gambar 2.14 Bentuk Susunan Tabung.....	26
Gambar 2.15 <i>Shell and Tube heat exchanger</i> .....	26
Gambar 2.16 Pendekatan sirip transversal penampang segi empat.....	28
Gambar 2.17 Teoritis efisiensi sirip transversal .....	30
Gambar 3.1 Tabung gas LPG .....	31
Gambar 3.2 Temulawak.....	32
Gambar 3.3 <i>Heat Exchanger</i> .....	32
Gambar 3.4 Skema aliran fluida <i>Heat Exchanger</i> .....	33
Gambar 3.5 Mesin Pengering Empon-empon.....	34

Gambar 3.6 <i>Blower Sentrifugal</i> .....	34
Gambar 3.7 <i>Burner</i> .....	35
Gambar 3.8 <i>Reader Thermocouple</i> .....	35
Gambar 3.9 <i>Anemometer</i> .....	36
Gambar 3.10 Timbangan Digital .....	36
Gambar 3.11 Timbangan Analog .....	37
Gambar 3.12 Stopwatch .....	37
Gambar 3.13 Diagram Alir Penelitian.....	38
Gambar 4.1 Diagram NTU .....	46
Gambar 4.2 Diagram Pengaruh <i>mass flow rate</i> fluida dingin terhadap perubahan temperatur fluida dingin .....	50
Gambar 4.3 Diagram Pengaruh <i>mass flow rate</i> fluida dingin terhadap kalor yang diterima fluida dingin.....	51
Gambar 4.4 Diagram Pengaruh <i>mass flow rate</i> fluida dingin terhadap koefisien Perpindahan kalor fluida dingin.....	52
Gambar 4.5 Diagram Pengaruh <i>mass flow rate</i> fluida dingin terhadap koefisien perpindahan kalor total .....	53
Gambar 4.6 Diagram Pengaruh <i>mass flow rate</i> fluida dingin terhadap efisiensi.....	54
Gambar 4.7 Diagram Pengaruh <i>mass flow rate</i> fluida dingin terhadap perubahan massa temulawak .....	55



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian <i>Heat Exchanger</i> .....	42
Tabel 4.2 Data yang Didapat dari Tabel Properti.....	49
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan.....	49

## DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Rumus Mencari Kalor (q) .....	8
Rumus 2.2 Teori Keseimbangan Kalor .....	9
Rumus 2.3 Perpindahan Kalor Konduksi Pada Dinding Datar .....	11
Rumus 2.4 Perpindahan Kalor Konduksi Pada Dinding Datar .....	11
Rumus 2.5 Perpindahan Kalor Konduksi Pada Dinding Pipa.....	13
Rumus 2.6 Perpindahan Kalor Konveksi Pada Dinding Datar .....	15
Rumus 2.7 Perpindahan Kalor Radiasi .....	16
Rumus 2.8 Menentukan Hambatan Perpindahan Kalor .....	17
Rumus 2.9 Menentukan Nilai Koefisien Perpindahan Kalor Total.....	17
Rumus 2.10 Menentukan Angka Reynold.....	17
Rumus 2.11 Menentukan Angka Nusselt.....	18
Rumus 2.12 Menentukan Angka Nusselt.....	18
Rumus 2.13 Menentukan koefisien Perpindahan Kalor .....	18
Rumus 2.14 Menentukan Besar Kalor .....	19
Rumus 2.15 Menentukan $\Delta T_{LMDT}$ .....	20
Rumus 2.16 Menentukan $\Delta T_{LMDT}$ .....	20
Rumus 2.17 Menentukan Rasio Temperature P .....	20
Rumus 2.18 Menentukan Rasio Temperature R.....	21
Rumus 2.19 Menentukan Kalor dengan kapasitas kalor .....	21
Rumus 2.20 Menentukan $q_{max}$ .....	22
Rumus 2.21 Menentukan rasio Kapasitas Kalor .....	22
Rumus 2.22 Menentukan NTU.....	22
Rumus 2.23 Kalor tanpa sirip.....	28
Rumus 2.24 Luas tanpa sirip .....	28

Rumus 2.25 Luas dengan sirip .....	29
Rumus 2.26 Kalor dengan sirip.....	29
Rumus 2.27 Keefektifan dengan sirip .....	29
Rumus 2.28 Kalor total .....	30

## DAFTAR SIMBOL

### Simbol

$q$	= Perpindahan Kalor (J) atau (W)
$m$	= massa (kg)
$\dot{m}$	= massa fluida (kg/s)
$C_p$	= Kalor Jenis Benda (kJ/kgK)
$\Delta T$	= Perubahan Suhu (K)
$K$	= Konduktivitas Thermal (W/m <sup>2</sup> K)
$A$	= Luas Permukaan (m <sup>2</sup> )
$R_{wall}$	= Hambatan pada dinding
$h$	= Koefisien perpindahan kalor (W/m <sup>2</sup> K)
$U$	= Koefisien Perpindahan Kalor Total (W/m <sup>2</sup> K)
$Re$	= Bilangan Reynold
$\mu$	= Viskositas absolut fluida (kg/m.s)
$\nu$	= Viskositas kinematik fluida
$Nu$	= Bilangan Nuselt
$F$	= Faktor koreksi
$\Delta T_{LMTD}$	= Perbedaan temperatur rata-rata logaritma (K)

$P$	= Rasio temperatur P
$R$	= Rasio temperatur R
$\varepsilon$	= Keefektifan perpindahan kalor
$q_{\max}$	= Perpindahan kalor maksimal (W)
$C$	= Kapasitas Kalor (W/K)
NTU	= <i>Number of Transfer Unit</i>
$\eta$	= Efisiensi (%)
$Q$	= debit ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
$A_{\text{fin}}$	= Luasan pada sirip ( $\text{m}^2$ )
$r_2$	= Jari-jari luar sirip (m)
$r_1$	= Jari-jari dalam sirip (m)
$t$	= Tebal sirip (m)
$q_f$	= Perpindahan kalor dengan sirip
$\eta_f$	= Efisiensi sirip
$n$	= Banyaknya sirip yang terpasang pada <i>tube</i>

### Subskrip

$c$	= <i>Cool</i>
$h$	= <i>Hot</i>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain *Heat Exchanger* 3D

Lampiran 2 Desain *Heat Exchanger* 2D

Lampiran 3 Desain *Shell*

Lampiran 4 Desain *Smoke Box*

Lampiran 5 Desain *Smoke Box*

Lampiran 6 *Desain Tube*

Lampiran 7 Tabel Properti Udara

Lampiran 8 Tabel HHV

Lampiran 9 Diagram NTU

Lampiran 10 Set-Up Pengujian

Lampiran 11 Bagian-bagian *Heat exchanger*